

一种新型配网接线在变结构耗散网络中的处理与运用

熊虎岗, 龚乐年, 周伟

(东南大学电气工程系, 江苏 南京 210096)

摘要:针对配网规划中一种新型接线方式,在变结构耗散网络中,将其处理成 T_1 型接线,在此基础上,可以通过判断节点的类型来设置顶点的状态,从而达到配网优化重构目的。在一个含有新型接线故障恢复优化的实例中,根据对故障端点性质的判断来设置顶点状态,从而提出了改进的故障恢复算法,并详细介绍了其计算步骤。通过与一般算法的比较,证实了在变结构耗散网络中对新型接线处理的可行性和改进算法的正确性,同时也表明了这种新型接线在配网重构中具有很强的灵活性。

关键词: 配电网络; 新型接线; 变结构耗散网络

中图分类号: TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2002)10-0010-06

1 引言

在配电网规划中,用于向专线用户或综合配电负荷供电的各种中压、低压配电所,可在其馈线的交接处设置某种形式的隔离设备(隔离开关、负荷开关等),如图1中的A虚线框内的馈线接线方式(采用隔离开关、负荷开关)。

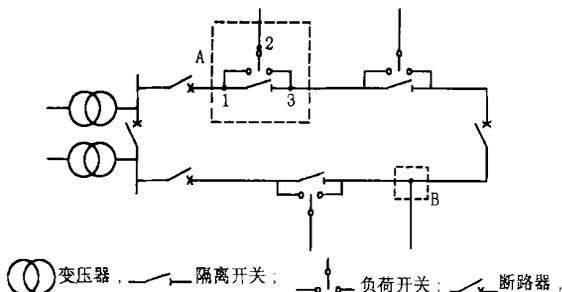


图1 新型接线图

Fig. 1 The new arrangement in a distribution network

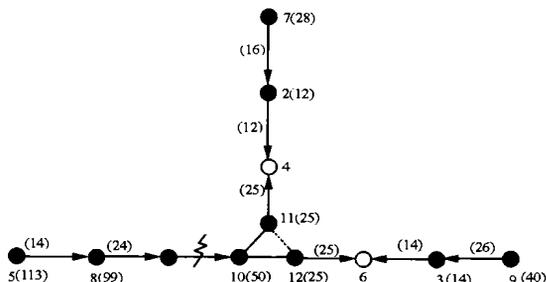


图2 T_1 型接线图

Fig. 2 The picture of T_1 type arrangement

这种结构不同于一般配电网的T型接线方式(如图1中的B虚线框内接线方式,即馈线之间直接

相连)。通过分析可知,图1中的A虚线框内的馈线接线方式在配电线路故障点的隔离、供电恢复和负荷均衡优化方面具有较强的运行操作性和分析计算的灵活性。当然,隔离设备的投资也将增加。

作为一种新型的分析配电网的模型,变结构耗散网络^[1]分析方法在实际的运用中较为广泛。但在配电网优化重构的过程中,如果采用变结构耗散网络的一般处理方法,即将图1中的A虚线框内的馈线接线视为T型接线进行分析,也未尝不可,但这样做无法体现这种新型接线在配电网运行时所具备的较强灵活性(后面的实例将证明这一点)。因此需在变结构耗散网络一般处理方法的基础上,寻求一种更为有效的方法。

2 将新型接线处理成 T_1 型接线

图1中的A虚线框内的馈线接线在变结构耗散网络中一般可看作由三个顶点(即图1中的1、2、3,在图2中对应为10、11、12顶点)组成。当配电网运行时,两顶点之间的隔离开关或负荷开关闭合,则用实线连接(在变结构耗散网络中看成是两个顶点内的弧,其负荷为0,在负荷矩阵中用-1标记,表示不参与负荷均衡计算,同时又有别于负荷为0的弧),即将顶点状态设置为合,如图2中的10、11。否则当两顶点之间的隔离开关或负荷开关断开时,则用虚线连接,但如果这两个顶点与第三顶点是实线连接,那么此顶点状态仍然设置为合(如图2中的11、12顶点),否则此顶点状态设置为分。本文把经过这样处理的图1中A虚线框内的馈线接线在变结构耗散网络中称为 T_1 型接线,图2中的10、11、12之间的连接关系便是 T_1 型的一种接线模型,其在变结构

耗散网络中可以视为 3 个耦合点,但不再同于一般 T 型接线中的耦合点,因此本文中将其称为 T_1 型耦合点。这样就能很好地把图 1 中的 A 虚线内的馈线接线融合于变结构耗散网络中。经过这样的处理,对含有新型接线的配电网络,就可以在其重构优化的过程中,无需将 T_1 型接线转化 T 型接线,然后再用一般的方法进行重构,而是寻找一种新的方法来重构。

在图 2 中电源点分别为 5、7、9。例如,1(75)表示节点 1(i_1)的顶点负荷(I_{11})为 75,节点 1(i_1)与节点 10(i_{10})间的⁽²⁵⁾表示弧中负荷($I_{(1,10)}$)为 25。

下面就 T_1 型接线在配电网络故障隔离和恢复中的运用及其产生的改进算法作具体描述,其他重构优化算法可以此类推。

3 在故障隔离的恢复优化中的运用及其改进算法流程

本文在文献[1]提供恢复算法的基础上,针对含有 T_1 型接线的配电网络的故障恢复算法作了改进:当某个区域发生故障后,通过过热弧搜寻方法,可以将故障区域的端点放入故障区域的数组 GD 中,并建立节点性质矩阵 TX (一般性质节点设置为 0, T 型节点设置为 1, T_1 型节点设置为 2)。为了得到最优恢复方案,需要设置恢复方案矩阵组 TG_1, TG_2, \dots, TG_k , 源点归一化负荷矩阵 BL_1, BL_2, \dots, BL_k , 其中 k 为最大回复方案数。根据源点归一化负荷矩阵 BL , 可以计算出每种方案的恢复负荷比率 RLC 。假设 C_1 为故障前的弧结构矩阵, C_2 为隔离了故障区段的弧结构矩阵,显然 $C_3 = C_1 - C_2$ 就是隔离故障区段前后网络结构差别的部分。根据 C_3 可以得出差别部分区域的所有端点。具体方法就是:差别区域的端点是满足以下条件,出度为 1 且入度为 0, 或入度为 1 且出度为 0, 当然这些端点包含故障端点。对照 TX , 判断故障端点的性质,若为一般性质的端点,则去除故障端点,将剩下的端点分别合上;若为 T_1 型端点,则去除故障区域的端点,将剩下的端点包括故障端点其相邻的 T_1 型端点也同时合上,则又分别对应几种恢复方案,最后一种恢复方案是将 T_1 型故障端点相邻的 T_1 型端点同时打开,其他顶点同时合上。针对每一种恢复方案计算恢复负荷比率系数(恢复负荷比率系数为连通系中所有可能非故障电源点中最小归一化负荷与最大归一化负荷

之比,用 RLC 表示),最后选择系数最大的方案为最优方案。

对于复杂的连通系,在根据恢复负荷比率确定最优的方案后,还必须进行负荷均衡优化,从而进一步对恢复方案进行优化。流程如图 3 所示。

例如:在图 2 中,顶点 1 与顶点 10 间发生接地故障,通过过热弧的搜寻算法,可得顶点 1 与顶点 10 为故障端点, $GD = [i_{10} \quad i_1]$, $TX = [0 \quad 0 \quad 2 \quad 2 \quad 2]$ 。

设故障前弧结构矩阵为 C_1 ,为了隔离故障区域,将顶点 i_{10} 、 i_1 分断,即

$$C_1 = C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

顶点状态矩阵中,令 $t_{10} = t_1 = 0$, 经过基形变换,得到隔离故障区段后的弧结构矩阵 C_2 。描述隔离故障区段前后网络结构的差别部分区域的矩阵 C_3 。根据 C_3 可得其差别部分区域为: 1、10、11、12、4、6。

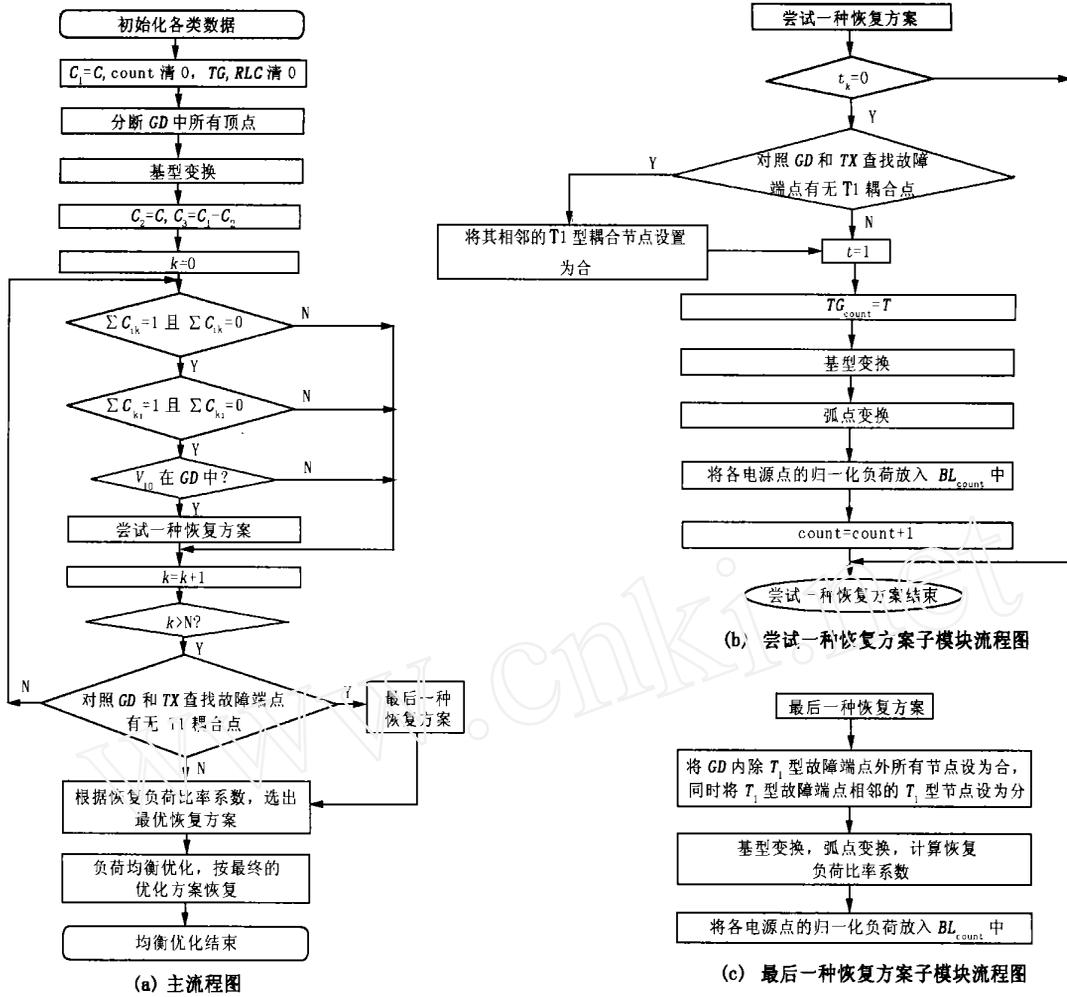


图3 选择最优恢复方案流程图

Fig. 3 The flow chart of the best restoration

$$C_3 = C_1 - C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

对照 GD 可知 10 为故障区域的端点,排除 10, 剩下的端点有 4、6、11、12,又对照节点性质矩阵 TX,发现 10 为 T1 耦合节点,所以对照流程图,有三种恢复方案:

- (1) 同时合上顶点 4、11、12;
 - (2) 同时合上顶点 6、11、12;
 - (3) 同时合上顶点 4、6,打开顶点 11、12。
- 其相对应的恢复图如图 4、图 5、图 6 所示。

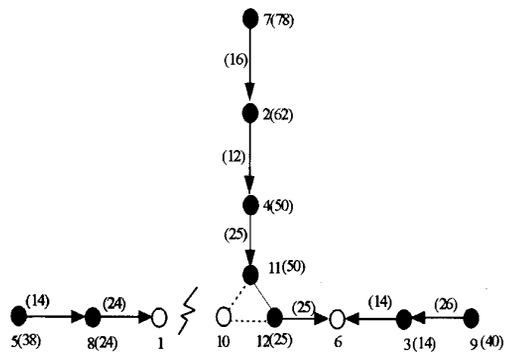


图4 第一种恢复方案图

Fig. 4 The picture of the first restoration

$$L_{n2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 19 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 26 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 45 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 12.5 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 12.5 \end{bmatrix}$$

由此可得恢复归一化负荷矩阵 BL_2 和恢复方案矩阵 TG_2 , 它们分别为

$$BL_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 19 \ 0 \ 14 \ 0 \ 45 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$TG_2 = [0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1]$$

第三种方案:根据基形变换和弧点变换可以求出负荷矩阵 L_3 、归一化负荷矩阵 L_{n3} 。

$$L_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 37 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 39 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 38 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 & 0 & 53 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 26 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 65 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$L_{n3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 18.5 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 19.5 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 12.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 19 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 & 0 & 26.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 26 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

由此可得恢复归一化负荷矩阵 BL_3 和恢复方案矩阵 TG_3 , 它们分别为

$$BL_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 19 \ 0 \ 26.5 \ 0 \ 32.5 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$TG_3 = [0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

计算这三种电源负荷比率: $RLC_1 = 0.513$, $RLC_2 = 0.311$, $RLC_3 = 0.815$, 根据选择恢复方案的原则, 我们选择方案 3, 所以最优恢复方案的网形如图 6 所示。

4 一般恢复算法的计算及比较

运用参考文献[1]所提供的一般故障恢复方法, 对图 2 所示的连通系故障进行恢复, 发现其把 10、11、12 三个 T_1 型耦合节点当作一个 T 型节点来处理, 这样得到故障恢复图, 如图 7 所示。可以看出: 顶点 10、11、12 都在故障范围内, 没有充分利用 T_1 型接线的灵活性, 这将造成很大面积的停电, 从而降低供电可靠率。

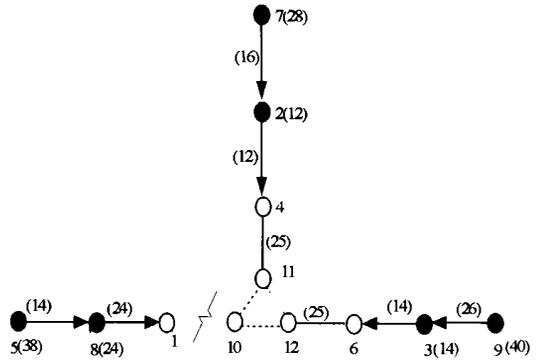


图 7 一般算法恢复方案图

Fig. 7 The picture of restoration by common algorithm

通过上述改进故障恢复算法和一般故障恢复算法对同一连通系相同故障的恢复, 不难看出, 改进算法与一般算法最大的区别在于对 T_1 型接线的处理和运用: 通过判断故障端点是否为 T_1 型耦合节点, 来设置其相邻的 T_1 型耦合节点状态, 从而达到最优的恢复效果, 充分体现了 T_1 型接线在故障恢复中的灵活性。而一般算法中, 将 T_1 型接线中的 3 个节点 (图 2 中 10、11、12) 当作一个 T 型耦合节点来处理, 无法达到最优的恢复效果, 同时也浪费了城网建设的投资。

5 结论

本文将配电网规划中出现的如图 1 中 A 虚线框内所示的一种新型接线, 将其处理成 T_1 型接线, 从而可很好地将这种接线融合于变结构耗散网络

中。针对这种接线,本文在配电网故障恢复中,提出了一种改进的变结构耗散网络故障恢复算法。通过对一个实例的运用,并将恢复结果与一般算法作了比较,证实了对这种接线处理的正确性和改进算法的可行性,同时也充分体现了 T_1 型接线在配电网重构中的灵活性。这种接线的处理方法及其故障恢复改进算法,对于实际运用将具有较好的参考和实用价值。

参考文献:

- [1] 刘健. 变结构耗散网络[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
[2] 刘健,程红丽. 面向配电自动化的配网数据结构[J]. 电

力系统自动化,2001,25(13):34-37.

- [3] Lakervi E, Holmes EJ. Electricity distribution network design (2nd Edition) [M]. Peter Peter Peregrinus Ltd, 1995.

收稿日期: 2001-12-27; 修回日期: 2002-04-09

作者简介:

熊虎岗(1974-),男,硕士研究生,从事配电管理系统的研究;

龚乐年(1941-),男,博士生导师,从事电力系统运行与控制、电力系统扰动与大型发电机组轴系扭振、自控理论与应用以及电力市场等方面的研究;

周伟(1979-),男,硕士研究生,从事电力市场的研究。

A new distribution arrangement disposed and used in structure variable dissipated network

XIONG Hui-gang, GONG Le-nian, ZHOU Wei
(Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Based on the structure variable dissipated network, a special arrangement of distribution planning is put up and dealt to T_1 arrangement. According to this disposal, we can get the purpose of better reconfiguration though judging and setting the points. In a fault restoration example including the new arrangement, this paper puts forward an improved restoration algorithm by judging the points style and setting the points state. Compared with the common algorithm, we can see that the disposal is feasible and the improved algorithm is right, at the same time the new arrangement is improved more feasible in the distribution reconfiguration.

Key words: distribution network; new arrangement; structure variable dissipated network

欢迎订阅《低压电器》

《低压电器》是由上海电器科学研究所主办的具有专业权威的电工技术类刊物。创刊于1959年,经历40余年的艰苦创业,取得了一系列引以自豪的佳绩,先后多次荣获全国优秀科技期刊二等奖,机械工业部优秀科技期刊一等奖,上海市优秀科技期刊一等奖,上海市广告业“守合同,重信誉”先进单位,全国中文核心期刊,中国科技论文统计用刊,中国学术期刊光盘版,中国科学引文数据库来源期刊,中国学术期刊综合评价数据库来源期刊,中国期刊方阵“双百”期刊。

主要栏目: 综述、研究与分析,产品介绍,成套电器,建筑电气,现场总线,计算机及PLC应用,产品选用与测试,标准分析,IEC信息,行业信息,专家论坛,专题讲座,INTERNET信息。

读者对象: 产品开发和制造,设计院电气设计,科研和教学,产品使用,安装和维修,经营和管理。

主要特点: 专业权威,新颖实用,信息量大,采编及时,读者面广,发行量大,DTP出版,印刷精美,装帧考究。

发行版本: 印刷版,光盘版,网络版。

订阅方法: 国内读者可直接至所在地邮局订阅。根据邮局发行规定,每半年征订一次,不能破季订阅,敬请广大读者注意,切勿漏订。

国内邮发代号: 4-200 国外发行代号: 4713BM 定价: 5.40元/每期

地址: 上海市武宁路505号综合大楼406-408室 邮编: 200063

电话: (021)62543397 62574990-272

传真: (021)62543397

E-mail: lva@seari.com.cn